



TITLE:

Magnetism and Magnetic Phase Transition in some Two-Dimensional Spin Systems(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Takeda, Kazuyoshi

CITATION:

Takeda, Kazuyoshi. Magnetism and Magnetic Phase Transition in some Two-Dimensional Spin Systems. 京都大学, 1971, 理学博士

ISSUE DATE:

1971-09-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/213745>

RIGHT:

氏 名	竹 田 和 義
	たけ だ かず よし
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 224 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 46 年 9 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学 位 論 文 題 目	Magnetism and Magnetic Phase Transition in some Two-Dimensional Spin Systems (二次元格子磁性体における磁性と磁気相転移の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 長谷田泰一郎 教 授 富田和久 教 授 松田博嗣

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は磁気相転移研究の一環として低次元格子および不規則格子上における相転移を磁氣的熱的に詳細に研究したものである。ギ酸塩二水化物という結晶が結晶構造からみても、二三の先行する実験研究からも磁氣的二次元格子によく近似する物質として典型的な例となる可能性のあること、更に一連の鉄族イオン Mn^{+2} , Fe^{+2} , Co^{+2} , Ni^{+2} , Cu^{+2} について全く同形であることに着目して系統的な研究を行なった。二次元格子についての厳密解によると磁気スピンの XY 成分の有効に働く等方的なハイゼンベルクスピンの場合と XY 成分は全く相互作用に寄与しない特殊な異方的イジングスピンの場合とで相転移の様相が全く異なることが期待されている。申請論文では非常に等方的な g 値を持つ Mn^{+2} 塩の場合から非常に異方的な Co^{+2} 塩にわたって相転移点近傍の比熱の詳細な測定を行ない二次元格子系においてはスピンの XY 成分の相関からは特異点として相転移は現われなくて Z 成分が決定的な要因となるという理論的な予想を裏づける結果を得た。即ち異方のスピン系ではするどい転移比熱が得られるのに対して等方的な場合には転移点を頂点とするゆるやかな比熱の山が現われることを実験的に明らかにした。二次元格子上の相転移とスピンの異方性の関係について系統的なはじめの実験である。又この一連の結晶では層状に配列した磁気イオンが二次元格子の性格を与えると共に重なり合った層と層の間に自由な常磁性状態にあるイオンが存在し、層と層の間の磁氣的結合を極度に弱いものになっていることを転移点前後のエントロピーの挙動から決定的なものとしている。更に二次元格子においては Mn^{+2} のように極度に等方的なスピン系において少なくとも相転移の存在するかぎりその転移の様相は異方的なイジングスピン系におけるものと全く相似したものであることを転移点近傍の臨界指数の決定によって実験的に明らかにした。これらの二次元格子についての基本的な性格の実験的確立について申請論文では二次元格子系で磁気イオンが非磁気イオンによって希釈された場合相転移がどのようにくずれていくかを調べている。転移点が希釈と共に低温に降下してゆき遂には60%の希釈で転移点は零度以上に存在しなくなるという二次元格子についての現象論的予想を裏づけると共に転移点の降下と共に高温側に短範囲規則度の発達による巾広い比熱の山

の現われることを見出した。希釈二次元格子系の比熱の典型的な結果として評価出来る。希釈系ではなく異種磁性イオンのランダムな混合系の研究にも着手し同じく二次元格子の性格を持つ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ と $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の混晶について磁氣的熱的測定を行なっている。この両者は共に反強磁性体であるが、その磁化容易軸が相互に 90° の角度をなしており、ランダムな混晶における磁気規則配列の内容は協力現象という観点から興味がある。申請論文ではこの混合系の比熱の測定によって全混合域にわたって明確な転移点が存在することを明らかにしている。ランダム系の相転移の実験的研究は試料調整の困難なため手をつけられていなかったが、申請論文において充分再現性のある実験結果が得られているのは細心の注意をして試料調整を行えば、ランダム系の相転移について詳細な実験研究の行えることを示したと言える。

論文審査の結果の要旨

申請論文は二次元格子上的における磁気スピンの示す相転移の典型的な様相を実験的に確立することを目標としたものである。特に磁気スピンの異方性の有無、大小と相転移点の存否その温度の高低の関係について実験的に明らかにするため結晶構造的にみても磁気相互作用のつながりについてみても二次元格子モデルと充分にみなし得るギ酸塩二水化物結晶を撰び且その鉄族イオン系列 Mn^{+2} , Fe^{+2} , Ni^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2} にわたって系統的に詳細に熱的磁気的研究を行なった。鉄族イオンのシリーズにおいて磁気スピンは等方的な Mn^{+2} から非常に異方的な Co^{+2} にわたって異方性と転移の様相の関係を調べることに成功している。まず二次元格子上で相転移が起こる場合スピンの Z 成分が決定的な役割を果していることを実験的に明らかにした。等方的な Mn^{+2} 塩では XY 成分の相関による部分からは相転移点で特異性を示さないゆるやかな比熱の山のみが出現することを異方的な Co^{+2} などとの比較から結論している。更に非常に等方的な Mn^{+2} 塩において相転移点直上における臨界指数は Z 区分のみが有効な場合に期待される理論値と全く一致することを示した。相転移の機構に対してスピンの各成分の役割をこのように分離して示す実験研究の可能性を示したこと、又より厳密な理論の必要を示唆したことは重要である。次にこの物質の中で二次元格子を組んで配列している磁気イオンの他にもう一種類別に二次元格子層と層の間に配列されている全く自由な常磁性に振舞うイオンの存在を定量的に決定した。規則配列状態にある二次元格子から与えられる内部磁場が層間に存在する自由スピンの働いて生じるゼーマン分裂として比熱エントロピーが完全に理解出来るのであるが、このことは規則状態に不規則状態が相隣接して存在するという興味ある問題を提起したといえる。申請論文は更に二次元格子上的の磁気イオンを非磁気イオンによってランダムに希釈した場合の相転移の様相の変化をしらべている。協力現象である二次相転移を低次元格子という協力現象を起こしにくい環境下で調べることは同様な意味でランダムな系において調べることの重要さとつながっている。ランダム系における実験研究は、しかし試料が再現性のある意味のある結果を与えるように十分にランダムに調整できるかという非常に困難な問題を含んでいる。申請論文では細心の注意と努力によって作製した資料では十分に再現性のある明確な結果の得られることを示した。転移点が希釈と共に降下し遂に有限温度では規則状態になり得ないこと又短範囲規則配列が著しく発達してその中から次第に長範囲規則配列が発生してくるといういわば転移のスローモーションをみるような手段になることを示した。転移に伴う規則度の発達の温度変化はランダム系で著しく異なったものになる可能性を示唆している。更に同

じくランダム系の研究として異種磁気イオン間の混合系についても測定している。そこでもランダム系の中でミクロスコピックには局所的に非常に不均一の系の中で系全体にわたる協力現象がかなりせまい温度域でおこることを示している。この場合詳細な綿密な研究の可能性を示したことに重要な意味があると言える。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。